

**Magyar Tudományos Akadémia**  
**Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet**

H-1111 Budapest, Kende u. 13-17, 1518 Budapest, Pf. 63.

tel: 279-6159, e-mail: [monostori.laszlo@sztaki.mta.hu](mailto:monostori.laszlo@sztaki.mta.hu)

<http://www.sztaki.hu/>

**Beszámoló az MTA SZTAKI**  
**2018. évi tudományos tevékenységéről**

Budapest, 2019. január 31.

## TARTALOM

- I. A kutatóhely fő feladatai 2018-ban
- II. A 2018-ban elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények
  - a) Kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények
  - b) Tudomány és társadalom
- III. A kutatóhely hazai és nemzetközi K+F kapcsolatai 2018-ban
- IV. A 2018-ban elnyert fontosabb hazai és nemzetközi pályázatok rövid bemutatása
- V. A 2018-ban megjelent jelentősebb tudományos publikációk

## **I. A kutatóhely fő feladatai 2018-ban**

Jelenlegi tevékenységük fő iránya a *kiber-fizikai rendszerek (Cyber-Physical Systems, CPS)* kutatása, mely összefogja és a nemzetközi kutatás egyik kiemelt áramlatába emeli munkájukat. E szellemben alakítják ki és üzemeltetik laboratóriumaikat (i4D intelligens tér, irányítástechnikai, SmartFactory, felhő-számítás, kooperatív kiber-fizika kutatási laboratóriumok), az elméleti kutatás és a mérnöki megközelítés új kölcsönhatásait hozva létre.

A kiber-fizikai rendszerekkel szembeni támasztott elvárások már most hatalmasak, és az újonnan megjelenő technológiákkal gyors ütemben bővülnek: robusztusság, önszerveződés, adaptív helyzetfelismerés, transzparencia, előreláthatóság, hatékonyság, interoperabilitás, globális nyomon követhetőség; csak a legfontosabbakat említve. A kooperatív irányítás, a multi-ágens rendszerek, a komplex adaptív rendszerek, az emergens (kibontakozó) rendszerek, a szenzorhálózatok, az adatbányászat stb. területén elért kiemelkedő eredmények további jelentős előrelépések iránti várakozást generálnak, folyamatossá téve így a kutatás iránti igényt.

Az intézet 2016-ban megfogalmazott küldetése szerint „erős – és jellemzően célzott – alapkutatási tevékenységre támaszkodva, széleskörű hazai és nemzetközi együttműködések keretében hoz létre új eredményeket, és támogatja azok alkalmazását a gazdaság és a társadalom fenntartható fejlődésének érdekében, ugyanakkor működési területén segít megőrizni és lehetőség szerint magasabb szintre emelni a hazai tudományos-műszaki kultúrát”.

2018-as céljaik a fenti küldetés és a „*Kiválóság a tudomány és az innováció területén*” szlogenjük értelmében kerültek megfogalmazásra és megvalósításra. Újabb alapkutatási projekteket nyertek el, összesített impakt faktoruk terén messze meghaladták korábbi eredményeiket, 5 jelentős nemzetközi tudományos konferenciát szerveztek. Hat termékükkel szerepeltek a 100 legkiemelkedőbb hazai innováció listáján. Innovációs tevékenységük további erősítése céljából magyarországi székhellyel közös innovációs céget alapítottak a német Fraunhofer Társasággal. Vezető szerepet játszanak az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform Szövetségben és alapító tagjai az 5G-, illetve a Mesterséges Intelligencia Koalíciónak. A hazai ipar jobb elérése érdekében Győrben és Kecskeméten is működtetnek telephelyet.

## **II. A 2018-ban elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények**

### **a) Kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények**

A következőkben az intézet négy alapkutatási főirányának (számítástudomány, rendszer- és irányításelmélet, mérnöki és üzleti intelligencia, gépi érzékelés és interakció) bemutatása mellett öt alfejezet taglalja a járműipar és közlekedés; a termelésinformatika és logisztika; az energia és fenntartható fejlődés; a biztonság, felügyelet, orvosi, biológiai alkalmazások; valamint a hálózatok, az elosztott számítások és a jövő internete témakörökben elért alkalmazásorientált eredményeiket.

### ALAPKUTATÁSI FŐIRÁNYOK

#### Számítástudomány

Számítástudományi kutatásaik kiemelt célja a mesterséges intelligencia matematikai elméletének és a gépi tanulás gyakorlatának kutatása. Olyan interdiszciplináris kutatásokat végeznek, amelyek közvetlenül demonstrálják elméleti kutatásaik gyakorlati alkalmazhatóságát, mint például autonóm járművek, társadalomtudományok, viselkedésfelderítés, antropológia, mezőgazdasági és biológiai problémák. Kutatásukban

jellemző a matematikusi és mérnöki munka együttélése: a kutatás alapvetően kísérleti jellegű, ugyanakkor az adatok óriási mérete miatt az eljárások mély algoritmuselméleti és valószínűségszámítási ismereteken, matematikailag bizonyítható alapokon kell, hogy álljanak.

2018-ban elért főbb eredményeik:

- A *paraméteres algoritmusok* területén kutatásaik egyik fő iránya az úgynevezett négyzetgyök-jelenség síkgráfokon, amiknél a legtöbb kombinatorikus problémára az optimális algoritmus a paraméter négyzetgyökében exponenciális. Megmutatták, hogy az utazó ügynök probléma irányított síkgráfokon is ezt a viselkedést mutatja, ami korábban csak irányítatlan síkgráfokra volt ismert. Továbbá bizonyították azt a meglepő tételt, hogy a Steiner-fa síkgráfokon nem rendelkezik ezzel a tulajdonsággal, nem létezik a paraméterben szubexponenciális algoritmus. Az eredmény jelentősége, hogy ez az első teljesen síkbeli természetes probléma, amire nem érvényes a négyzetgyök jelenség.
- Korábbi eredmények éles alsó korlátokat adtak arra, hogy bizonyos algoritmikus problémák futási ideje hogyan függ a *bemeneti gráf favastagságától*. Ezt a kutatási irányt folytatva pontos eredményeket adtak egy általános problémaosztályra, a listás reflexív homomorfizmus problémára. Minden rögzített célgráf esetén éles alsó és felső korlátokat határoztak meg a futási idő favastagságtól való függésére.
- Jelentős mértékben járultak hozzá a *mátrix-együttesek invariánsainak* meghatározásában az elmúlt években történt áttöréshez. A problémának az invariánselméleten túlmutató vonatkozásai vannak a számításelmélet permanens-determináns problémakörétől a nem-kommutatív testek elméletén át a Brascamp-Lieb egyenlőtlenségekig. Fő eredményük egy determinisztikus polinomidejű eljárás, amely a probléma egy konstruktív változatát oldja meg. Eredményükről és annak alkalmazásairól meghívott előadásban számoltak be a princetoni Institute for Advanced Study-ban.
- Az *involúcióval ellátott algebrák* elméletéből eredő módszereket alkalmazták bizonyos számítási problémák megoldására. Az egyik ilyen feladat kvadratikus alakok együtteseinek szimultán izometriája. Erre a feladatra véges alaptest esetén randomizált polinomidejű módszert adtak. Az eredmény alkalmazható bizonyos csoportok izomorfiájának kiszámítására, továbbá egy ismert hitelesítési eljárás megtámadására. Hatékony determinisztikus eljárást sikerült találni szimmetrikus vagy ferdén szimmetrikus mátrixok együtteseinek egymásba alakítására bal- és jobboldali szorzással. Ez a feladat a nevezetes polinomazonosság-tesztelés speciális esete is.
- *Tanuló algoritmust* fejlesztettek ki, amely egy lineáris függvényt talál meg vektorok olyan mintájából, amelynek az eloszlása csak a szóban forgó függvénynek a vektoron felvett értékétől függ. Az algoritmus bonyolultsága szimplán exponenciális a pozitív valószínűséggel felvett értékek számában, az egyéb paraméterekben azonban polinomiális, amennyiben a halmaz konstans méretű. A módszert sikerrel alkalmazták adatok eltolás-szimmetriáinak feltárására szolgáló új kvantum-algoritmusok építőelemeként, így például bővítették a híres rejtett részcsoport probléma polinomidőben megoldható eseteinek körét.
- Az *erőforrás korlátos legrövidebb út problémára* ún. többcélú approximációs sémát dolgoztak ki. Megmutatták, hogy a séma létezésének szükséges feltétele, hogy az erőforrások száma konstans legyen. Ez utóbbi feltétel szükségességét igazolták számos más kombinatorikus optimalizálási probléma többcélú változatára is.
- Megmutatták, hogy egyetlen páros összehasonlításokon alapuló rangsorolási módszer sem teljesíthet egyszerre két, természetesnek tűnő axiómát, az önkonzisztenciát és a függetlenséget az irreleváns összehasonlításoktól. Bizonyították az inkonzisztencia-

index axiomatikus karakterizációját és megadták a logaritmus legkisebb négyzetek rangsorolási módszer egy axiomatikus karakterizációját.

Számítástudományi kutatásaikat jórészt *ERC Consolidator Grant* és *MTA Lendület* támogatással végezték. Alapkutatási eredményeikre támaszkodó kutatás-fejlesztési tevékenységük kiemelkedő ipari partnerei az Ericsson Magyarország, az OTP Bank, és a Bosch.

### Rendszer- és irányításelmélet

Az alapkutatások fő tématerületei a modellezés, modellredukció és -identifikáció, az adaptív, robusztus, valamint az elosztott és hálózatba kapcsolt rendszerek irányítása.

- *A jelfeldolgozási és rendszeridentifikációs kutatásokban* új eredményeket értek el a modellredukció területén. A Kolmogorov  $n$ -width elméletének eredményeire alapozva hibakorlátokat adtak mind a  $H_2$ , mind pedig a  $H$ -végtelen esetekben a bizonytalan pólusok hiperbolikus távolságának függvényében, valamint csak ezt az információt használó modellredukciós stratégiát dolgoztak ki. A flexibilis repülőgépek dinamikai viselkedését, valamint hasonló jellegű mérnöki objektumokat leíró igen nagy dimenziós LPV (Linear Parameter Varying) és qLPV (quasi Linear Parameter Varying) rendszerek modális dekompozíció alapuló és az állapotok konzisztenciáját megőrző modellredukciós eljárásaiban értek el új eredményeket.
- *Geometriai elvekre épülő szabályozástervezési eljárások* hagyományos, lokális megközelítése terén bevezették a paraméterváltozós invariáns alterek fogalmát, és affin paraméterfüggés esetére hatékony algoritmusokat adtak kiszámításukra. Újabb kutatásaik során fontos hangsúlyt kapott az oldalirányú dinamika és menetstabilitás vizsgálata a kormányrendszer és fék/hajtásrendszer koordinálásával.
- Kutatásokat végeztek *a geometriai módszer globális (input-output) alkalmazási lehetőségeinek feltárására*, rávilágítva a robusztus irányítástervezési eljárások közös geometriai hátterére. A Klein-féle megközelítés geometriai szemléletét előnyösen alkalmazták a robusztus irányítás világában, pl. a geometria értelmezésében vett pontok a stabilizálható rendszerekkel azonosíthatók, míg a Möbius-transzformációk a geometriát meghatározó mozgásokat adják. Megmutatták, hogy bizonyos hiperbolikus terek transzformációi közös hátteret adnak a robusztus feladatok kezelésére, és feltárták a stabilizáló halmazon, illetve az adott performanciaszinthez tartozó összes stabilizáló szabályozót leíró halmazon értelmezhető, az adott tulajdonságot invariánsan hagyó művelet, illetve műveletcsoportok rendszerelméleti tulajdonságait. Alternatív, geometria alapú paraméterezést mutattak be csoportelméleti megközelítésben, ami a Youla-parametrizálással ellentétben koordinátáktól független, azaz generálásához csak a rendszer és egyetlen stabilizáló szabályozó ismerete szükséges.
- *A hibadetektálás és a nulltér alapú strukturális rekonfiguráció* terén bemutatták, hogy az átkapcsolást végző, rekonfigurációs irányítástervezési eljárások hogyan alkalmazhatók a rendszerek minőségi követelményeinek garantált kielégítésére. Hatékony eljárásokat fejlesztettek ki LPV rendszerek nulltereit generáló dinamikus szűrők meghatározására.
- *Robusztus irányítás* terén olyan strukturált bizonytalanságokat kezelő szabályozótervezési módszereket kutattak a University of Minnesota kutatóival közösen, amely az optimalás során figyelembe képes venni a szabályozó, valamint a rendszert terhelő bizonytalanság strukturáját is. Ezáltal lehetővé válik a mérnöki gyakorlatban (autóipar, repülőipar, etc.) alkalmazott szabályozási struktúrák hangolása nemcsak nominális, de bizonytalan rendszerek esetében is a  $H$ -végtelen metrika szerint.
- A nemlineáris rendszerek irányításelméleti problémáikhoz kapcsolódva LPV és qLPV modelleket alkalmazó robusztus tervezés során felmerülő kérdések kutatása terén kimutatták, hogy az unimoduláris mátrixok által meghatározott Möbius-transzformációk

megőrzik a zárt hurok belső stabilitását és explicit képletet is adtak a transzformált hurok elemeire.

A rendszer- és irányításelméleti eredmények elsődleges felhasználói az energia-, jármű- és közlekedésipar. Az ipari partnerek (Airbus, Bosch, Knorr-Bremse) bevonásával végzett európai és nemzeti kutatási projekteken az elméleti eredmények gyakorlati alkalmazhatóságát szem előtt tartva folytattak kutatási tevékenységet.

### Mérnöki és üzleti intelligencia

E téren súlypontosan az ún. *kiber-fizikai gyártó- és logisztikai rendszerek* tervezésének, működtetésének, és működésük változó viszonyokhoz való adaptálásának problémáival foglalkoznak. A munka jellemzően több tudományterület – a számítástudomány, az operációkutatás, a mesterséges intelligencia és a gyártástudomány – együttes művelését igényeli. A 2018-ban elért eredményeik közül a következők emelendők ki:

- Részt vettek a Fraunhofer Társaság által kezdeményezett új, a gyártás biológiai transzformációjára irányuló stratégiai program megalapozásában. Ajánlásokat fogalmaztak meg arra, hogy a gyártástudomány és -technológia miként integrálja szisztematikusan a biológia által inspirált elveket, funkciókat, struktúrákat és mechanizmusokat az intelligens és egyben fenntartható gyártás érdekében, a termékek tervezésétől kezdve a gyártórendszerek működtetéséig.
- Nemzetközi együttműködésben kimutatták, hogy az ipar digitalizációján túlmutató programokra van szükség, ami az egész társadalom digitális átalakulását célozza meg. Véggkövetkeztetésük, hogy fokozni kell a cégek szociális innovációját, aktívan be kell vonni a vevőket is az értékláncba, és iparágakat átfogó informatikai platformokkal kell támogatni az együttes értékteremtés új folyamatait.
- Definiáltak és implementáltak egy szerelés-tervezési feladatok megoldására szolgáló vegyes kezdeményezésű korlátozás alapú döntéstámogató folyamatmodellt és -rendszert. Az iteratív, hierarchikus döntési folyamat a geometriai modellekből kiindulva, az emberi munkaerő számára értelmezhető instrukciógenerálásig tart, kiemelten kezelve a szöveg és 3D animáció automatikus létrehozását.
- Tapasztalati adatokból (pl. szenzor mérésekből) becsült dinamikus, sztochasztikus rendszermodellek megbízhatóságával kapcsolatban kidolgoztak egy új, véletlenített, korrelációs együtthatókon alapuló becslési módszert, amely minimális statisztikai feltevések mellett képes nem-aszimptotikus, eloszlásfüggetlen konfidencia tartományok konstrukciójára.
- Az ún. adatperturbációs, újramintavételezésen alapuló konfidenciahalmaz konstrukciós módszerekkel (pl. *Sign-Perturbed Sums*, SPS) kapcsolatban meghatározták, hogy – amennyiben a becsült rendszer bemenetei bizonyos korlátok között befolyásolhatóak –, miként kell a bemeneteket úgy megválasztani, hogy az eredményül kapott (nem-aszimptotikus, eloszlásfüggetlen) konfidenciahalmaz várható térfogata minimális legyen.
- Megmutatták, hogy az egygépes, egységnyi munkákból, és megelőzési láncokból álló ütemezési probléma NP nehéz a súlyozott befejezési idők összege célfüggvény mellett.
- Az online felvétel és szállítás (*pickup and delivery*) probléma azon változatára, ahol a szállítások felvételi, és lerakási pontjai előre ismertek, de az időpontok egy eloszlással adóttak, új, heurisztikus eljárást dolgoztak ki, amely lényegesen jobb eredményeket ad, és sokkal gyorsabban, mint a korábban ismert eljárások.
- Autonóm targoncák (AGV-k) konfliktusmentes irányítására új, ütemezésen alapuló irányítási eljárást dolgoztak ki, melynek egyik fontos újdonsága, hogy az útban álló, feladattal nem rendelkező járművek félreállítását is megtervezi.

A célzott alapkutatások, melyek döntően hazai támogatású projektek (OTKA, GINOP, NKFIA) keretében folytak, további alkalmazott, több esetben ipari partnerek által kezdeményezett kutatásokat és fejlesztéseket készítettek elő. Az alkalmazott kutatást, a jövő kutatóinak képzését, tapasztalatszerzését és az ipari innovációt egyaránt támogató budapesti *Smart Factory* mintarendszer és az Intézet győri telephelyen 2017-ben kialakított Ipar 4.0 minta gyártó- és logisztikai rendszer 2018 során jelentősen bővült.

### Gépi érzékelés és interakció

- *Robotok tájékozódása képi információk alapján:* Kidolgoztak egy mély konvolúciós neurális háló architektúrát, mely alkalmazásával a szakirodalomban leírt egyéb algoritmusokhoz képest nagyobb pontossággal lehet megbecsülni minden képkocka mélységét egyetlen képnézet alapján. A hálózati architektúrát megtartva, kevés továbbtanítással az eljárás egyaránt alkalmazható beltéri és kültéri környezetekben. Erre a mélytanuló struktúrára alapozva a képkockák szemantikai osztálya is jól becsülhető.
- Megoldást adtak járművek *3D lézeres környezet-letapogatásából* származó részleges információk (keves adat, részleges alak) alapján történő felismerésére és követésére, új 3D és 2D kép-jellemzők bevezetésével, mélytanuló konvolúciós hálók alkalmazásával, mely már nagy távolságból is képes az úti objektumok megbízható észlelésére.
- *Voxelmodell alapú 3D mélytanuló hálózatot* javasoltak a mozgó lézertapogatással (mobile laser scanning, MLS) keletkező pontfelhők automatikus szegmentációjára, ami lehetővé teszi a fantom régiók és a mozgó objektumok eltüntetését a nyers MLS mérésekről, megjelölve a statikus – így tájékozódási pontnak is használható – utcai alakzatok régióit.
- *Epipoláris geometria* becslésére javasoltak egy módszert, mely a korábbi hét helyett öt pont-megfeleltetésből képes kiszámolni a kamerák relatív elmozdulását, jelentősen csökkentve a robusztus becslési eljárások futási idejét. Azokra az esetekre, amikor az optikai rendszer affin megfeleltetései részben ismertek, kidolgoztak egy hatékony módszert, ahol az epipoláris geometria becslésére két affin-megfeleltetésből képesek kiszámolni a kamerák relatív elmozdulását ismert belső kalibráció esetén. Az affin megfeleltetések és epipoláris geometria kapcsolata korábban nem volt ismert.
- Új eljárást adtak különböző karakterisztikájú *háromdimenziós térbeli mérések automatikus regisztrációjára*, valamint mozgó járműről készült pontfelhőrészletek tájékozási szenzorok (GPS, IMU) felhasználása nélkül történő összeillesztésére. Markov véletlen mező alapú eljárást javasoltak a mozgó alakzatok és változások felismerésére az összeillesztett adatokon a pontfelhők mélységkép reprezentációját felhasználva.
- A *holografikus mérés* lehetőséget ad nemcsak a tárgyak intenzitás eloszlásának, hanem azok törésmutató- és alakinformációit hordozó fáziseloszlásának visszaállítására is. Ez off-axis rendszer alkalmazásakor viszonylag könnyen elvégezhető, de ekkor a mérés rezgésekre igen érzékeny, és általában a felbontás se tudja az egész érzékelő felületet kihasználni. In-line elrendezés esetén viszont – bár robusztus mérést tesz lehetővé –, a fázis visszaállítása vagy csak nagyon lassú iteratív eljárással hajtható végre, vagy nem lesz megfelelően nagy a rekonstrukció felbontása. Olyan mérési elrendezést és hozzá tartozó numerikus módszert adtak, amely ötvözi a kétfajta holografikus mérési módszert, jelentősen megnövelve a rekonstrukció sebességét.
- Holografikus és intenzitás transzport módszerek alkalmazásával *átlátszó minták* elemzése során alkalmazott fáziskontraszt mikroszkópos méréseket numerikus kvantitatív fázisrekonstrukciós módszerekkel egészítették ki, illetve váltották fel.

## KUTATÁS-FEJLESZTÉSI TEVÉKENYSÉGEK

### Járműipar és közlekedés

A járműipart és közlekedést érintő technológia fejlesztéseket jellemzően a közúti és légi közlekedés eszközei és rendszerei strukturálták.

- *Autonóm járműrendszerek döntési stratégiái* területén a kutatások a járműinterakciók optimális kezelésére irányultak. Az előzési manőverek kockázatértékelésére statisztikai mintákra és gyakoriságfüggvényekre épülő valószínűségi analízis, az útvonaltervezésre pedig irányított gráf alapú optimális útvonal keresési algoritmust adtak. Autonóm járművek kereszteződési interakciói során olyan energia- és időoptimális megoldások számítási módszerei kerültek feltárássra, amelyek a számítási idő gyorsítása végett neurális hálókat foglalnak magukban.
- Elemzések alapján igazolták, hogy az autonóm járművek és az intelligens közlekedési rendszerek infrastrukturális elemeinek koordinációja jelentős hatással van a *forgalmi jellemzők optimalizálására*. A mikroszkópikus és makroszkópikus közlekedési elemek összehangolásában rejlő előnyök kiaknázása jelenti az elméleti és a gyakorlati kihívást. Model Prediktív (MP) irányítási stratégia került kidolgozásra az egyedi autonóm járművek sebességprofiljának, valamint a közlekedési hálózat szabályozott belépési pontjain beáramló forgalom nagyságok összehangolására.
- *Változtatható geometriájú futómű irányításméleti problémáinak* kutatási területén egy aktuátor-integrációt megvalósító robusztus, LPV alapú átfigurálási stratégiát dolgoztak ki, halmazelméleti alapokon. A változtatható geometriájú futóműveknek a jövő városi közlekedésében a könnyűszerkezetű elektromos járművek irányíthatóságában lehet szerepük, figyelembe véve a konstrukció kompakt voltát.
- *Az autonóm járművek kommunikációs és szenzorhálózatain* jelentős mennyiségű, a járműdinamikai jellemzőkről fontos információkat hordozó adat érhető el. Nagyméretű adathalmazok analíziséből kiindulva egyrészt meghatározták a jármű intelligens beavatkozónak elérhetőségi halmazait gépi tanulásra épülő módszerekkel, másrészt becslési eljárást adtak a jármű stabilitása szempontjából kritikus jelentőségű oldalkúszási szög becslésére. A big data információk autonóm járműirányítás tervezési alkalmazása nemzetközi szinten is egy új, innovatív eljárást képvisel.
- *Vezetőnélküli légi járművekben (UAV)* alkalmazható kamera alapú légi érzékelő és elkerülő rendszer kutatása zajlott a „látni és elkerülni” funkciók megvalósítására. Az elkerülő repülőgép vizuális alapon detektálja a célgépet a fedélzeti többkamerás látó rendszere, a GPU-s képfeldolgozó egysége és a navigációs berendezése segítségével. A multidiszciplináris kutatási program keretében repülésdinamikai, gépi érzékelési és mélytanulási területek összekapcsolásával olyan zártköri szabályozás kidolgozása zajlott, mely az ütközésetektálás megbízhatóságát jelentősen megnövelte. A kifejlesztett technológia megoldást ad az autonóm repülőbiztonságos térbeli elkülönítésére, és hozzájárul a GPS vezérelte kijelölt útvonalon haladás biztonságossá tételéhez.
- Vizuális információ felhasználásával *automatikus leszállást biztosító rendszerek* adatfeldolgozási, képfeldolgozási és szenzorfüziós módszereit kutatták. Képfeldolgozási és szenzorfüziós módszereket dolgoztak ki, melyek által az adott geometriával rendelkező leszállóhely detektálása mellett, a becslés konfidenciája is monitorizálható. Repülőipari szabványokhoz hasonló Monte-Carlo szimulációban validálásra kerültek az automatikus UAV leszállító algoritmusok újrakonfiguráló szabályozási módozatai különböző szenzorok (ILS, GPS) kiesésének figyelembevételével.

- *Mélytanuláson alapuló fedélzeti ütközésselkerülő*, illetve ismert pozíciójú földi objektumok alapján automatikus helymeghatározó vizuális rendszert dolgoztak ki és építettek be pilóta nélküli robotrepülőgépbe.
- *A szárny flexibilitásból adódó rezonancia (flutter)* jelenség kutatása a repülőgépek aerodinamikai, strukturális és repülésdinamikai vizsgálatai alapján, hatékony mérési és irányítási módszerek alkalmazásával történt. Több, különböző absztrakciós szintű modellt fejlesztettek ki, melyek az egyszerű, két szabadságfokú szárny rugalmas viselkedésétől kiindulva egészen a teljes repülőgép dinamikus viselkedéséig lefedik az alkalmazások igényeit. A fejlett szabályozásméleti módszerek valósidejű alkalmazásának megoldása egy nagy számításigényt és alacsony látenciát biztosító fedélzeti avionikai rendszerrel történt, mely önmagában is komoly kutatási és fejlesztési eredmény a biztonságkritikus rendszerek területén.

### Termelésinformatika és logisztika

A termelésinformatikai és logisztikai K+F+I tevékenység termelő, szolgáltató és logisztikai rendszerek tervezésére és modellezésére, valamint azok működésének irányítására, optimalizálására, monitorozására és valós viszonyokhoz való adaptálására irányul, üzemi, vállalati és hálózati szinten egyaránt. A legfontosabb, 2018-ban elért eredmények a következők:

- Kiber-fizikai rendszerek számára kidolgozott *orkesztrált, felhőszolgáltató független informatikai platformot* hoztak létre, mely képes gyártósortokból származó nagymennyiségű adat gyűjtésére és a gyártórendszerek viselkedését leíró szimulációs futtatások hatékony elvégzésére.
- Diszkrét eseményvezérelt, illetve ágensalapú szimulációs módszereket integráltak ugyanazon – gyártási és/vagy logisztikai – fizikai környezet működtetésének tervezésére, rövidtávú teljesítményének becslésére és hiba esetén beavatkozási javaslatok meghozatalára. Az ágens modell *digitális ikermodellként* fut párhuzamosan a fizikai környezettel, és hiba esetén egy elosztott, zavartűrő logika alapján átveszi a rendszer irányítását, a diszkrét eseményvezérelt modell predikcióját is figyelembe véve.
- Vizsgálati módszert dolgoztak ki sok elemből álló, hálózatelméleti jellemzőkkel leírható termelési hálózatok robusztusságának elemzésére, különös tekintettel a *hálózatok bonyolultságának, robusztusságának és hatékony működtetésének* kapcsolatára.
- *Gépi tanuláson* alapuló döntéstámogatási módszert dolgoztak ki, amely alkalmas az ipari környezetben található gyártásfelügyeleti (MES) és adatgyűjtő (SCADA) rendszerekből származó strukturálatlan, vagy félig strukturált adatok közel valósidejű feldolgozására. Az így kinyert adatok lehetővé teszik különböző, jellemzően regressziós feladatok megoldását támogató modellek periodikus újratanítását.
- Az ún. *fluid computing* koncepciót alkalmazták a kiber-fizikai gyártórendszerekre, annak érdekében, hogy a tradicionális gyártási erőforrások is hálózatképes, beágyazott, az Ipar 4.0 elosztott termelési paradigmába illő komponensekké válhassanak. Az új számítási modell működését multi-ágens alapú szimulációs esettanulmányokon demonstrálták.
- *A Hitachi céggel* együttműködve olyan, egészértékű programozáson és fejlett keresési heurisztikán alapuló módszert dolgoztak ki, amely alkalmas adott termékek és szerelési technológiáik együttes optimalizálásra, valamint az így kapott eredmények stratégiai szintű felhasználására a termelés- és kapacitásstervezésben. A módszert nemzetközi szabadalmaztatást követően publikálták.
- Olyan új módszert fejlesztettek ki, amely stratégiai és taktikai szinten egyaránt támogatja az autóiparban alkalmazott robotizált, moduláris *szereelőcellák* költséghatékony *kapacitásmenedzsmentjét*.

- *Ember-robot együttműködés*en alapuló szerelési feladatokat támogató újszerű kommunikációs modalitásokat fejlesztettek ki és integráltak egy vezérlő keretrendszerbe. Az érintés nélküli kommunikációs csatornák használata, mint a pontfelhőalapú gesztusvezérlés, hangfelismerés, illetve VR szemüvegre vetített tartalom az ember-robot kollaborációhoz szükséges hatékonyabb információcserét teszi lehetővé.
- Ipari partnerrel együttműködve, a *szikraforgácsolás területén* sikerült valós gyártási környezetben szignifikáns megmunkálási hatékonyságjavulást elérni mesterséges neurális hálóval kombinált nem-lineáris kísérlettervezési és iteratív optimalizálási módszerek alkalmazásával.
- A győri Ipar 4.0 mintarendszert bővítették egy új, *OPC Unified Architecture (OPC UA)* modellezési módszertanon alapuló, különböző kiber-fizikai rendszereket integrálni képes folyamatvégrehajtási architektúrával. Az európai *Learning Factories* kezdeményezés keretében kiemelt hangsúlyt kapott a különböző helyszíneken létesített mintarendszerek termelési hálózatot formáló, elosztott működésének elősegítése. Jelentős eredmény egy kollaboratív ember-robot szerelőállomás egyszerre több helyszínen folyó párhuzamos fejlesztése, mely lehetővé tette egy adott helyen kidolgozott algoritmusok, konkrét folyamatbeli megoldások átjárható átültetését más munkaállomásokra a digitális ikermodell (*digital twin*) koncepció alkalmazásával.

#### Energia és fenntartható fejlődés

- Az *energiatermelő rendszerek irányítása és felügyelete* területén folytatódott az MVM Paksi Atomerőmű Zrt-vel történő stratégiai együttműködésen alapuló ipari tevékenység. Meghatározó szerepet játszottak a modernizált irányítástechnikai rendszerek magas szintű architektúrális koncepciójának kidolgozásában és a felújítandó mérőkörök minősítési követelményeinek megalapozásában, továbbá a turbinaszabályozás irányítástechnikai rendszerének számítógépes védelmi kialakításában és a Reaktorvédelmi Rendszer (RVR) tesztelő környezetének felújításában.
- Többcélú optimalizálást alkalmaztak Budapest lakossági szektora *hőellátásának* tervezésére. A nukleáris kapcsolt energiatermelés fejlesztésének lehetőségét vizsgálták egy speciális disztribúciós feladatként a paksi régióban.
- Áttekintették a *pellet tüzelőanyagok minőség szabályozását*, új, a mérési eljárások értékelésére alkalmas rendszert dolgoztak ki, továbbá javaslatot tettek a mérési eljárások gyártási folyamatba való integrálására és az idevágó ISO szabvány kiegészítésére.

#### Biztonság, felügyelet, orvosi, biológiai alkalmazások

- *Távérzékelés*en alapuló eljárások környezetvédelmi és biztonságtechnikai alkalmazásokhoz: elkészült egy új algoritmus és módszertan a kis kiterjedésű vizes élőhelyek feltérképezésére és monitorozására eltérő szegmentálási technikák fuzionálásával, műholdas multispektrális képek alapján.
- Olyan, *holográfián* alapuló módszert fejlesztettek ki, amely a fókuszdetektálás lineáris keresési eljárását egyetlen távoli mérés alapján explicit módon számíthatóvá tette, megkönnyítve a talált objektumok azonosítását, megjavítva a megjelenítést és jelentősen megnövelve a mérés sebességét. Az eredmények világszinten legkorszerűbbnek számító, hazai fejlesztésű és gyártású automata vizeletanalizáló berendezésekben kerültek felhasználásra.
- A *kiberbiztonság* területén a rosszindulatú viselkedés detektálására több forrásból származó monitoring adatok együttes figyelembevételére az ún. *blockchain* technológia alkalmazásával olyan módszert fejlesztettek ki, ahol az egyesített tanulásban résztvevő felek saját modelljei auditálhatók a tanuláshoz felhasznált adatok központosítása nélkül. Kimutatták, hogy a technológia miatt megnövekedett számítási komplexitás csak korlátozott mértékben befolyásolja a tanulás teljesítményét.

- Folyamatosan fenntartják a hazai internet szolgáltatók számára a *kiberbiztonsági incidensek* kezelését biztosító HunCERT csoportot, amely 2018-as tevékenysége során több, mint 6000 incidensbejelentés kezelése mellett 9 rendkívüli biztonsági tájékoztatást adott ki, önálló szakmai eseményt szervezett, valamint országos kiterjedésű *biztonsági érzékelő rendszert* tart fenn. A tevékenység során szorosan együttműködnek a Nemzeti Kibervédelmi Intézettel (GovCERT), mely az intézetben előállított megoldásokat kormányzati területen is hasznosítja.
- Az intézet a Kormányzati Informatikai Fejlesztési Ügynökség megbízásából 2018-ban is folyamatosan biztosítja a hazai kutatóintézeti és felsőoktatási körben több mint 100 intézményt kiszolgáló, több ezer szolgáltatást tömörítő EduID *föderatív azonosítási infrastruktúra* fenntartását. Ennek keretében részt vesz az Országos Széchényi Könyvtár digitális megújítását célzó projektben. A GÉANT GN4 EduTeams programjának keretében részt vesznek az európai oktatási és kutatóintézeti IT infrastruktúra föderatív identitásmenedzsment rendszerének kialakításában és továbbfejlesztésében is.
- *Életjeleket vizuális alapon vizsgáló berendezést* fejlesztettek ki, amely képes emberek és állatok legfontosabb fiziológiai jeleit (pulzus, légzés) távolról detektálni. A rendszer kórházi tesztelését megkezdték.
- A mesterséges intelligencia egyik bioinformatikai alkalmazásaként a *fehérjetranszlokáció* jelenségét vizsgálták a Semmelweis Egyetemmel együttműködve. Egyes fehérjék gyakran áthelyeződnek a sejt egyik részéből a másikba, hogy valamilyen funkciót betöltsenek, míg mások ritkán, vagy egyáltalán nem helyeződnek át. Eddig kevés fehérjéről volt ilyen jellegű információnk, pedig a transzlokációnak kulcsszerepe van a sejt működésében és így a betegségek kialakulásában is. Gradient boosting eljárással 13066 fehérjére sikerült meghatározniuk a transzlokáció valószínűségét.
- Másik alkalmazásukban együttműködve az ELTE Genetika tanszék kutatóival, *öregedést szabályozó emberi fehérjéket prediktáltak* a legújabb mesterséges intelligencia módszerek segítségével. Új eredményükben több hasonló matematikai modell predikcióinak felhasználásával sorrendbe tették az emberi fehérjéket aszerint, melyik milyen fontos szerepet tölt be az öregedés mechanizmusában.

#### Hálózatok, hálózati rendszerek és szolgáltatások, a jövő internete

- Foglalkoztak a *nagy kiterjedésű kommunikációs hálózatok* természeti katasztrófák, illetve szándékos támadások hatására fellépő *hibajelenségeivel*. Hatékonyan számítható valószínűségi modellt adtak bizonyos regionális kiesések vizsgálatára. Azzal a kiinduló feltevéssel éltek, hogy az ilyen jelenségek hatására egy nagyobb terület kommunikációs csomópontjai és közvetlen kapcsolatai válnak használhatatlanná (korrelált hibák lépnek fel). A módszer alkalmazhatóságát számítógépes kísérletekkel is igazolták.
- A *hálózatok vizsgálatára* olyan új neurális beágyazási módszert adtak, amely képes egy *dinamikus, élek adatfolyamaként érkező gráf* kezelésére. Például egy kommunikációs hálózatban a csomópontok hasonlóságát, fontosságát a beérkező élek azonnali adaptálásával tudja naprakészen tartani. Invariáns random mezőkön alapulva egy nem személyre szabott, ún. következő termék ajánló eljárást adtak, amely ritka termékek esetében is megbízhatóan tud ajánlani.
- Az MTA Wigner Adatközponttal közösen folytatták az *MTA Cloud* kiépítését és a felhasználók támogatását. Az elsődleges cél az MTA Cloud alkalmassá tétele volt speciális mesterséges intelligencia (MI) alkalmazások támogatására. Ennek megfelelően hardver területen elsősorban általános célú grafikai társprocesszor (GPGPU) kártyákkal bővítették ki az akadémiai felhőt, szoftver területen pedig azokat az eszközöket és alkalmazási környezeteket vizsgálták, amik a gépi tanulást és a big data alkalmazásokat támogatják, mint pl. TensorFlow, Keras, DL4J, Spark. A kutatás eredményeképpen

létrehoztak az MTA Cloudban egy sokgépes Spark környezetet, amivel nagyméretű MI és big data alkalmazások is hatékonyan hajthatók végre. Az Occopus hivatalos weboldalán már elérhetőek az Apache Spark keretrendszerhez tartozó leírók, amelyek segítségével egy skálázható, felhőfüggetlen klasztert lehet kiépíteni automatikusan a célfelhőben, így az MTA Cloud-ban is.

- A H2020 COLA projekt keretében két fő irányban folytattak kutatásokat. Az egyik cél az automatikus skálázást végző, ún. Policy Keeper komponens kifejlesztése volt oly módon, hogy az a skálázáshoz szükséges paramétereket a lehető legrugalmasabban legyen képes begyűjteni és felhasználni. A másik cél a Policy Keeper döntési mechanizmusának optimalizálása volt megerősítéssel tanulási módszerek alkalmazásával.
- A H2020 CloudiFactoring projektben a konzorciumi partnerekkel kidolgoztak az Ipar 4.0 számára egy olyan platform keretrendszerét, ami különböző tárolási technológiák – pl. HPC, felhő és helyi megoldások – között egységes adattranszfert tesz lehetővé, továbbá gyártásfolyamatokhoz kapcsolódó nagyléptékű szimulációk és komplex analitikák egységes végrehajtásához nyújt támogatást.
- Kulcsszerepet játszottak a *Magyar Tudományos Művek Tára* országos tudományos publikáció nyilvántartási rendszer új verziójának (MTMT2) kifejlesztésében és éles üzembe állításában. Befejeződött a rendszer végső verziójának szoftverfejlesztése, lezajlott annak végső tesztelési folyamata, mely minden, az éles üzem szempontjából létfontosságú rendszertulajdonságot leellenőrzött. Megtörtént az MTMT1 rendszerben kezelt teljes adatállomány migrálása, valamint a migrálás közbeni automatikus adattisztítás.
- Létrehoztak egy új és *innovatív nyílt forráskódú virtuális és kiterjesztett valóság programozó könyvtárat* ApertusVR néven. Az ApertusVR szoftverfejlesztési eszköztár olyan egyedülálló absztrakciós réteget definiált, mely a virtuális valóság ipari alkalmazásfejlesztés problémáira hoz megoldást.

## **b) Tudomány és a társadalom**

Az intézet kommunikációs tevékenységét korszerű csatornák, interaktivitás, transzparencia, társadalmi felelősségvállalás, illetve a kutatói és marketing szemlélet dinamikus összeegyeztetése jellemzi. 2018-ban körülbelül 15 kiadott sajtóközleménnyel, 140 intézményi hírrel és eseménybeszámolóval, illetve csaknem 220 médiamegjelenéssel a korábbi éveket is sikerült felülmúlni a külső kommunikációban.

Tovább erősítették televíziós és rádiós, valamint print kapcsolataikat; tevékenységeikről 2018-ban cikksorozatot jelentettek meg többek között a *Forbes Magyarország*, *Index*, *Népszabadság*, *MTI*, *HVG*, *Origo*, *24.hu*, *Magyar Nemzet*, *hirado.hu*, *Innotéka*, és a *444.hu* hasábjain. Számos eredményük jelent meg a regionális sajtóban - *boon.hu*, *eszak.hu*, *delmagyar.hu*, - és a legnagyobb szakmai portálokon, szakújságokban is; például a *qubit*, *Techmonitor*, *Gyártástrend*, *TechStory*, *Computerworld*, *Autopro*, *Járműipar*, *Innotéka*, *Piac és Profit*, *IT Business* felületein. Szakértőik több ízben nyilatkoztak projektjeikről a fontosabb kereskedelmi és állami médiumokban, például a *Kossuth Rádió*n, *Petőfi Rádió*n, *Info Rádió*n, *M5 TV-n*, *M1 TV-n*, *ATV-n*, valamint a *Hír TV-n* is.

Naponta frissülő tartalommal voltak jelen a közösségi médiában: *Facebook*-oldalukat csaknem 900 felhasználó követi; az éves szinten született nagyjából 400 bejegyzés csaknem 45.000 oldalletöltést és exponenciálisan növekedő organikus elérést generált. Hivatalos *LinkedIn* felületükön 180 bejegyzés jelent meg 2018-ban; az üzleti közösségi hálózaton összesen 1000 ember követi az intézetet. A fentiekén túl 4 egyedi oldallal is képviseltetik magukat a *Wikipédián*, hivatalos *YouTube* csatornájukra pedig eddig összesen 40 videó került

feltöltésre; a legmagasabb nézettsége már évi 5500 megtekintés körül jár. Új hírlevél-koncepcióit dolgoztak ki a belső-, illetve a partnerkommunikáció erősítésére, melynek keretein belül 75 levél került kiküldésre.

2018-ban folytatták az intézetben nagy hagyományra visszatekintő kezdeményezést, a *Kutatók Éjszakáját*. Budapesti és győri helyszíneik mellett Burgaszban is fogadtak látogatókat; szám szerint összesen 400 főt, de nyitóelőadással képviseltették magukat a *Magyar Tudomány Ünnepe*n is. A korábbi évekhez hasonlóan okostelefonos alkalmazásukkal idén is részt vettek a *Digitális Témahéten*, a *Múzeumok Őszi Fesztiválján*, a *Turizmus Világnapján* és a *Magyar Költészet Napján*. Ingyenesen letölthető turisztikai fejlesztéseiket a szentendrei skanzenre, Belső-Ferencváros épített örökségére és az ipolytarnóci tanösvényre is kiterjesztették.

Nemzetközi előadókkal „*A Jövő Digitális Gyára*” címmel ipari műhelytalálkozót szerveztek együttműködésben a Bosch cégcsoporton belül az Ipar 4.0 technológia fejlesztéséért és terjesztéséért felelős Bosch Rexroth vállalattal. Immár második alkalommal „*INDIGO Ipari Digitalizációs Szakmai Nap*” címmel szakmai napot és demonstrációkat szerveztek a téma aktuális kérdéseiről, a várható nemzetközi trendekről és az EPIC Innolabs Kft. szakmai szolgáltatásairól. Mindkét fórumon a mintegy 150-200 részvevő a hazai I4.0 ökoszisztéma minden jellegzetes szegmensét képviselte: nagy-, kis- és közepméretű vállalatok, informatikai és technológiai szolgáltatók, szakmai szervezetek és kormányzat egyaránt jelen voltak. Legújabb robotikai eredményeikkel megjelentek a HUNGEXPO tavaszi „Ipar Napjai” vásárán és egyéb regionális rendezvényeken.

2018-ban hat termékkel is bekerültek a „*100 legérdekesebb magyar innováció*” című kiadványba; közreműködésükkel hirdettek *Év Gyára* győztest az Ipar 4.0 kategóriában; és bekerültek az *Innovation Radar 2018 Díj* nevezettjei közé.

Tudomány és társadalom kapcsolata szempontjából több jelentős belső eseményt is szerveztek; így az első középiskolai számítástechnikai verseny tiszteletére megrendezett emlékülést, elindították a *Rudolf E. Kalman Distinguished Lecturer Program*-ot és a SZTAKI meetup-sorozatot. Általános- és középiskolás osztályok megtekinthették régi számítástechnikai eszközökből, klasszikus gépekből és értékes relikviákból álló időszakos kiállításukat is.

Az MTA SZAKI a Wigner Adatközponttal együttműködve folyamatosan biztosítja és fejleszti az MTA kutatóintézetek nagy számításiigényű informatikai igényeit kiszolgáló *MTA Cloud* kutatási felhő infrastruktúrát. Az intézet fejlesztette és tartja karban az *MTMT 2 (Magyar Tudományos Művek Tára)* országos tudományos publikáció nyilvántartási rendszer új digitális archívumi szoftverrendszerét.

### **III. A kutatóhely hazai és nemzetközi K+F kapcsolatai 2018-ban**

2018 során meghatározó szerepük volt az MTA SZTAKI és a Fraunhofer Társaság által közösen alapított EPIC Innolabs Kft. létrehozásában, működési feltételeinek és folyamatainak megteremtésében. Az új innovációs szervezet profilja jelenleg az Ipar 4.0 tanácsadás és képzés, a gyártási és logisztikai folyamatok optimalizálása, a termelésstervezés, az ipari adatelemzés, a mesterséges intelligencia, valamint az integrált robot és szenzor rendszerek területeit foglalja magába, de folyamatosan bővül annak érdekében, hogy az egész Intézet kutatási-fejlesztési eredményeit és kompetenciáját közvetlenül eljuttassa az ipari felek számára.

#### Nemzetközi és kiemelkedő országos rendezvények szervezése

Sikeresen lezárták a 2017-ben elindult „Termelésinformatikai és Termelésirányítási

Kiválósági Központ” (EPIC) Teaming projekt első szakaszát, melynek egyik legfontosabb eredménye volt az *EPIC Innolabs Nonprofit Kft.* létrehozása a német *Fraunhofer Társasággal*. A fenti projekttel is kapcsolatos legkiemelkedőbb esemény volt a Fraunhofer Társaság és az MTA SZTAKI együttműködésében 2018. május 25-én rendezett „*Német-Magyar Innovációs Nap*”, amelyen olyan előadók, mint a Fraunhofer Társaság elnöke, az MTA elnöke, az ITM minisztere, az NKFIH elnöke és az MTA SZTAKI igazgatója osztották meg kutatással, fejlesztéssel és innovációval kapcsolatos elképzeléseiket nemzetközi hallgatóság előtt.

Hazai egyetemekkel társszervezésben 2018-ban Budapesten rendezték meg a következő, kiemelkedő konferenciákat:

- *IX. Magyar Számítógépes Grafika és Geometria Konferencia*, március 21-22;
- *20<sup>th</sup> European Conference on Mathematics for Industry (ECMI 2018)*, június 18-22;
- *25<sup>th</sup> Annual Conference of the European Operations Management Association (EurOMA 2018)*, június 24-26;
- *8<sup>th</sup> CIRP Conference on High Performance Cutting (HPC 2018)*, június 25-27;
- *16<sup>th</sup> International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and their Applications (CNNA 2018)*, augusztus 28-30;
- *22<sup>nd</sup> European Conference on Advances in Databases and Information Systems (ADBIS 2018)*, szeptember 2-5.

#### Nemzetközi kapcsolatok

Az Intézet munkatársai aktívan közreműködnek témakörük legjelentősebb nemzetközi tudományos szervezeteinek (*IEEE, CIRP, IFAC, IMEKO, IAPR*) vezetésében, munkabizottságaiban és ezek egyes konferenciáinak, ill. műhelytalálkozóinak előkészítésében.

Folytatva sikeres szereplésüket az EU kutatási programjaiban, a Horizon 2020 program keretében eddig 16 elnyert projektről tudnak beszámolni, melyek közül négyben konzorciumvezetők.

Az intézet jelentős gyakorlattal és projekt tapasztalattal rendelkezik a kereskedelmi célú repülést és a gépjárműipart érintő kutatások és technológia fejlesztések területén. Az avionikai kutatások tekintetében a *Minnesotai Egyetem* repüléstechnikai tanszékével, az *USA Haditengerészetének Kutatási Hivatalával (ONR)*, a *Bordeaux-i Egyetem* rendszerelméleti laboratóriumával, valamint a német (DLR) és európai űrügynökséggel (ESA) ápoltt kapcsolatok említendők.

Az EU *Horizon 2020 Widening* program legnagyobb presztízsű, ún. *Teaming* kutatási kiválósági program keretében az intézet vezetésével 2017-ben elindult a „Termelésinformatikai és Termelésirányítási Kiválósági Központ” (EPIC) projekt. Ezzel az intézet, a német Fraunhofer Társaság, valamint a BME Közlekedés- és Járműmérnöki valamint Gépészmérnöki Karai közti hosszú távú európai kooperáció intézményes alapjait megteremtve létrejött a kiber-fizikai rendszerek nemzetközileg elismert kiválósági központja.

Otthont adnak a World Wide Web Consortium (W3C) Magyar Irodájának. A W3C Magyar Iroda részt vesz a munkacsoportok tevékenységében, ezáltal közvetlenül hozzájárul a web fejlesztéséhez, valamint korai információkkal rendelkezik a web fejlődésének várható irányáról. Segíti a W3C nemzetközi szabványainak magyar elterjesztését, a W3C technológiákkal kapcsolatban felvilágosítást nyújt és összekapcsolja az érdeklődőket a nemzetközi szakemberekkel.

## Vállalati kutatás-fejlesztési kapcsolatok

Kiemelt feladatuknak tartják, hogy az ipari digitalizációval kapcsolatos gazdasági és társadalmi kutatások eredményei, valamint az Ipar 4.0 ökoszisztéma alapú szemléletek mind szélesebb körben kerüljenek nyilvánosságra és hasznosításra.

2017. decemberében szövetséggé alakult a 2016. májusában vezetésükkel létrejött, az ipar digitális átalakításában érdekelt hazai kutatóintézeteket, oktatási intézményeket és magyarországi telephellyel rendelkező vállalkozásokat tömörítő *Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform* (Ipar 4.0 NTP). Jelentős szerepet vállaltak a platform működtetésében, nemzetközi és hazai képviselőként, valamint egy, az iparvállalatok Ipar 4.0 készültségi szintjéről készített országos felmérés kiértékelésében és az eredmények közzétételében.

A kis- és középméretű vállalatokkal (KKV) folytatott együttműködés az év közepétől egyre inkább az EPIC Innolabs Kft. felelősségévé vált, amely egy stratégiai együttműködés keretében egyes területeken (pl. eseményvezérelt szimuláció, termeléstervezés és –ütemezés) a Siemens PLM szoftver Tecnomatix és Preactor termékvonalainak egyik kiemelkedő hazai kompetenciaközpontja lett. Több, jellemzően autóiipari cég jelentkezett konkrét robotikai problémákkal – e téren a Kft. szakmai háttérét továbbra is az Intézet biztosítja. Több hazai vállalattal közös kutatás-fejlesztési munkát folytatnak (AQ Anton: üzemelés, folyamatoptimalizálás; Aventics Hungary: ütemezés, papírmentes gyártás), és új kutatási projekt indult a Fraunhofer Társasággal a *gyártás biológiai transzformációja* témakörében.

Folytatódott a *Hitachi Ltd., Manufacturing Technology Research Center*-rel az immár több mint tízéves közös kutatás. Az év során megújították több Hitachi-val közös nemzetközi szabadalmukat.

Az intézet a felfedező kutatások eredményeivel járul hozzá a Győrben folyó, kiemelkedő színvonalú járműipari kutatásokhoz, jelenlétével egyidejűleg támogatva az alapvetően régiós műszaki és természettudományos K+F+I tevékenységeket. Az együttműködés bázisa az MTA által alapított és a győri Széchenyi István Egyetemen létrejött *Járműtechnológiai Kutatások Kiválósági Központja (J3K)*. A kutatóközpont működését az MTA, az Audi Hungaria, az egyetem és Győr városa együtt biztosítja.

Munkatársaik részt vettek a Zalaegerszegen megépítendő és az önvezető járművek prototípusainak kötelező ellenőrzését és azok műszaki teljesítménytesztjeinek lebonyolítását lehetővé tevő autóiipari tesztpálya specifikációs munkáiban. Szakértői közreműködtek az önvezető járművek közúton történő ellenőrző méréseinek lebonyolítását és az automatizált járművek forgalomba bocsátását szabályozó jogszabály megfogalmazásában.

Energetikai területen a meglévő blokkok hosszú távú biztonságos üzemeltetésének irányítástechnikai feladataiban az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-vel, míg a későbbi kapacitás-fenntartási feladatok irányítástechnikai vonatkozásaiban a MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.-vel és az MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda Zrt.-vel működnek együtt.

Az intézet Győben és Kecskeméten is telephelyet üzemeltet.

## Hazai kapcsolatok, részvétel a felsőoktatásban

Az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform Szövetség az intézet vezetésével jött létre. Az MTA SZTAKI a magyarországi 5G- és Mesterséges Intelligencia koalícióknak egyaránt alapító tagja.

Az egyetemi graduális és posztgraduális oktatást az intézet továbbra is a kutatási tevékenység fontos velejárójaként és a jövőépítés elengedhetetlen feltételeként kezeli. Rendszeres oktatási tevékenységet folytatnak a következő hazai felsőoktatási intézményekben: BME, ELTE, Corvinus, Pannon Egyetem, SZE, PTE, ME, PPKE, Kecskeméti Egyetem. Átlagosan mintegy

20 PhD hallgató végzi kutatómunkáját az intézetben, kutatók témavezetése mellett. A hazai doktori iskolákban munkatársaik 25 esetben szerepelnek külső és 5 ízben belső alapító tagként.

#### **IV. A 2018-ban elnyert fontosabb hazai és nemzetközi pályázatok rövid bemutatása**

**Mesterséges intelligencia**                    A mesterséges intelligencia matematikai alapjai  
(*Benczúr András, NIH/NFÜ/NKFIH 2018-1.2.1-NKP, 274 538 326 Ft, 2018-2021*)

A projekt célja a mesterséges intelligencia matematikai elméletének és a gépi tanulás gyakorlatának kutatása. Az alapkutatások kiegészítéseként olyan interdiszciplináris pilot projektek kerülnek megvalósításra, amelyek közvetlenül demonstrálják elméleti kutatásaik gyakorlati alkalmazhatóságát.

**eIDAS**                                    eIDAS identification during KYC procedures at financial institutions  
(*Benczúr András, EIT Digital Grant 2018, 40 000 €, 2018-2018*)

A projekt célja az IOX online identitás ellenőrző platform létrehozása az online banki ügyfélkezelés távoli végrehajtásának támogatása. A SZTAKI feladata a video chat képe alapján az ügyfél igazolványképeinek összevetése és a jelenlét igazolása.

**Ipari digitalizáció**                    Kutatások az ipari digitalizáció által nyújtott potenciál minőségi kiaknázására  
(*Váncza József, NKFIH ED\_18-2-2018, 956 403 000 Ft, 2018-2023*)

A projekt célja a matematikai és mesterséges intelligencia módszerek felfedező jellegű kutatása, valamint az eredmények alkalmazása a robotikában, a gyártó és logisztikai rendszerek tervezésében és irányításában, valamint az energetikai rendszerek menedzselésében.

**VLFT**                                        Virtual Learning Factory Toolkit  
(*Kovács Péter, EU ERASMUS+, 41 700 €, 2018-2021*)

A projekt kifejleszti a Virtual Learning Factory Toolkit (VLFT) eszközt és azt, a már létező digitális eszközökbe integrálja. A projekt célja, hogy a mérnök hallgatók számára a digitális gyártás kutatás-fejlesztési eredményeit, – mint a modellezés, analízis és virtuális/kiterjesztett valóság területek – oktatási célra felhasználható tegye.

**StaProZell**                                Stabile Produktion in wandlungsfähigen zellenorientierten Montagesystemen durch einen Digital Twin  
(*Gyulai Dávid, FFG- Produktion der Zukunft, 96 371 €, 2018-2021*)

A projekt célja új termelés- és kapacitástervezési módszerek kidolgozása moduláris szerelőrendszerekhez, digitális ikermodellek alkalmazásával.

**MTA PDP**                                    Sokaságok és mély struktúrák  
(*Daróczy Bálint, MTA PPD2018, 33 012 000 Ft, 2018-2021*)

A pályázat keretében elméleti és kísérleti kutatást végeznek a gépi tanulás legfontosabb új területein, azzal a céllal, hogy a kiber-fizikai rendszerek magasan strukturált adatait elemezzék. A módszereket különböző területeken alkalmazzák, mint például autonóm járművek, társadalomtudományok, viselkedésfelderítés, antropológia, mezőgazdaság és biológia.

**NKFIH TÉT-FR**                            A sebesség és a felfüggesztés szabályozásának integrációja az automatizált vezetési kényelem növelése érdekében.  
(*Gáspár Péter, NKFIH TÉT-FR-2018, 1 981 000 Ft, 2019-2020*)

A projekt tárgya az adaptív félaktív felfüggesztés karakterisztikájának Lineáris Változó Paraméterű (LPV) irányítástervezésen alapuló hangolása a hosszirányú sebesség tervezéssel

összhangban, a menetstabilitás biztosítása és a menetkényelem javítása érdekében.

NKFIH SNN Optimalizálás Fenntartható Ellátási Láncokban  
(Kis Tamás, NKFIH SNN\_18, 35 754 000 Ft 2019-2021)

A projekt témája ellátási láncokban tervezési és ütemezési problémák vizsgálata, beleértve az újrahasonosításból, és az energia minimalizálásból eredő korlátok figyelembevételét.

Tüdőrák diagnosztika Tüdőrák diagnosztikai mesterséges intelligencia mellkas CT felvétel alapján  
(Benczúr András, GINOP 2.2.1, 352 014 600 Ft, 2019-2021)

A projekt célja, hogy a gépi tanulási eljárások segítségével meghatározzák, hogy tüdőrák diagnosztizálás érdekében folytatott CT szűréshez mi az optimális szeletszám a sugárhigiénés és detektálási érzékenység függvényében, valamint hogy mi a konvolúciós háló tanításához az optimális szegmentálási eljárás.

## V. A 2018-ban megjelent jelentősebb tudományos publikációk

### Könyvek

1. Gáspár, P.; Németh, B.: Predictive Cruise Control for Road Vehicles Using Road and Traffic Information, Springer Int. Publishing (2018), p. 236. ISBN: 9783030041151
2. Keviczky, L.; Bars, R.; Hetthéssy, J.; Bányász, Cs.: Control Engineering, Springer Singapore (2018), p. 532. ISBN: 9789811082962
3. Keviczky, L.; Bars, R.; Hetthéssy, J.; Bányász, Cs.: Control Engineering: MATLAB Exercises, Springer Singapore (2018), p. 275. ISBN: 9789811083204
4. Kornai, A. Szemantika Budapest, Typotex (2018), p. 331. ISBN: 9789632799704
5. Kornai, A.: Formal Phonology, Routledge (2018), p. 231. ISBN: 9781138321144
6. Szederkényi, G.; Magyar, A.; Hangos, K.M.: Analysis and Control of Polynomial Dynamic Models with Biological Applications, Academic Press (2018), p. 184. ISBN: 9780128154953

### Folyóirat-publikációk

7. Benedek, Cs.; Gálai, B.; Nagy, B.; Jankó, Zs.: Lidar-based Gait Analysis and Activity Recognition in a 4D Surveillance System, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, Vol. 28, No. 1, 2018, pp. 101-113.
8. Csató, L.: Characterization of an inconsistency ranking for pairwise comparison matrices, ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH, Vol. 261, No. 1-2, 2018, pp. 155-165.
9. Györgyi, P.; Kis, T.: Minimizing the maximum lateness on a single machine with raw material constraints by branch-and-cut, COMPUTERS AND INDUSTRIAL ENGINEERING, Vol. 115, 2018, pp. 220-225.
10. Hajnal, A.; Kecskemeti, G.; Marosi, A.Cs.; Kovacs, J.; Kacsuk, P.; Lovas, R.: ENTICE VM Image Analysis and Optimised Fragmentation, JOURNAL OF GRID COMPUTING, Vol. 16, No. 2, 2018, pp. 247-263.
11. Ivanyos, G.; Kutas, P.; Rónyai, L.: Computing Explicit Isomorphisms with Full Matrix Algebras over  $F_q(x)$ , FOUNDATIONS OF COMPUTATIONAL MATHEMATICS, Vol. 18, No. 2, 2018, pp. 381-397.
12. Kardos, Cs.; Váncza, J.: Mixed-initiative assembly planning combining geometric reasoning and constrained optimization, CIRP ANNALS - MANUFACTURING TECHNOLOGY, Vol. 67, No. 1, 2018, pp. 463-466.
13. Kerepesi, Cs.; Daróczy, B.; Sturm, Á.; Vellai, T.; Benczúr, A.: Prediction and characterization of human ageing-related proteins by using machine learning, SCIENTIFIC REPORTS, Vol. 8, 2018, Paper No.: 4094, p. 13.
14. Kovács, A.: On the Computational Complexity of Tariff Optimization for Demand

- Response Management, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, Vol. 33, No. 3, 2018, pp. 3204-3206.
15. Lokshtanov, D.; Marx, D.; Saurabh, S.: Slightly Superexponential Parameterized Problems, SIAM JOURNAL ON COMPUTING, Vol. 47, No. 3, 2018, pp. 675-702.
  16. Luspay, T.; Péni, T.; Gőzse, I.; Szabó, Z.; Vanek, B.: Model reduction for LPV systems based on approximate modal decomposition, INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING, Vol. 113, No. 6, 2018, pp. 891-909.
  17. Németh, B.; Gáspár, P.; Hegedűs, T.: Optimal Control of Overtaking Maneuver for Intelligent Vehicles, JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION, 2018, Article ID: 2195760, pp. 1-12.
  18. Peni, T.; Vanek, B.; Liptak, Gy.; Szabo, Z.; Bokor, J.: Nullspace-Based Input Reconfiguration Architecture for Overactuated Aerial Vehicles, IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, Vol. 26, No. 5, 2018, pp. 1826-1833.
  19. Rózsa, Z.; Szirányi, T.: Obstacle Prediction for Automated Guided Vehicles Based on Point Clouds Measured by a Tilted LIDAR Sensor, IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, Vol. 19, No. 8, 2018, pp. 2708-2720.
  20. Rödönyi, G.: An Adaptive Spacing Policy Guaranteeing String Stability in Multi-Brand Ad Hoc Platoons, IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, Vol. 19, No. 6, 2018, pp. 1902-1912.
  21. Tsutsumi, D.; Gyulai, D.; Kovács, A.; Tipary, B.; Ueno, Y.; Nonaka, Y.; Monostori, L.: Towards joint optimization of product design, process planning and production planning in multi-product assembly, CIRP ANNALS - MANUFACTURING TECHNOLOGY, Vol. 67, No. 1, 2018, pp. 441-446.
  22. Zarándy, A.; Horváth, A.; Szolgay, P.: CNN Technology-Tools and Applications, IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS MAGAZINE, Vol. 18, No. 2, 2018, pp. 77-89.